



FERTILIZACIÓN DE AVENA Y RAIGRÁS

Pautasso, Juan M.¹ y Enrique Quinodó².

1. AER INTA Diamante. EEA INTA Paraná. Diamante. Argentina. pautasso.juan@inta.gob.ar; 2. FCA UNER.

RESUMEN

Los verdeos tienen la capacidad de ofrecer altas producciones de forrajes en períodos relativamente cortos de tiempo, siendo un complemento de las pasturas permanentes. La demanda de nutrientes está estrechamente asociada con la producción de forrajes por lo que, para alcanzar elevados niveles productivos se debe recurrir al agregado de los mismos. Si bien la fertilización en pasturas es una tecnología conceptualmente reconocida, la correcta aplicación de esta práctica ha sido casi irrelevante. Los máximos beneficios de la fertilización se logran si se consideran las particularidades de cada sistema productivo, entre las que se encuentran las especies forrajeras utilizadas. En la costa oeste de Entre Ríos la información sobre producción e impacto de la fertilización con nitrógeno (N) y fósforo (P) en raigrás y avena es escasa en sistemas reales de producción, a pesar de ser los principales verdeos de invierno utilizados. El objetivo de este trabajo fue cuantificar para Entre Ríos las diferencias de rendimiento y el impacto de la fertilización con N y P en los verdeos de raigrás y avena a partir de una serie de ensayos realizados en diferentes campañas. En condiciones similares de crecimiento la avena y el raigrás tuvieron diferentes rendimientos y respuestas a la fertilización con P y N. Si bien los tratamientos testigos (sin N) tuvieron similares rendimientos para ambos verdeos, al fertilizarlos el raigrás produjo alrededor de un 30% más de materia seca que el cultivo de avena. El umbral de N disponible y las eficiencias de uso del N y del P fueron mayores en el raigrás que en la avena.

Palabras clave: verdeos, nitrógeno disponible, eficiencia agronómica de nutrientes.

INTRODUCCIÓN

Los verdeos tienen la capacidad de ofrecer altas producciones de forrajes en períodos relativamente cortos de tiempo (90-100 días), siendo un complemento de las pasturas permanentes (Marino y Berardo, 2014), pero para lograr elevados potenciales productivos se debe cubrir la demanda de nutrientes de los mismos.

En general la oferta de nutrientes desde el ambiente resulta insuficiente para satisfacer los requerimientos de las especies forrajeras. En nuestros sistemas productivos los nutrientes que mayormente limitan la productividad son el fósforo (P) y el nitrógeno (N), elementos claves en un plan de fertilización (García y col., 2002).

La demanda de nutrientes está estrechamente asociada con la producción de forrajes por lo que, para alcanzar elevados niveles productivos se debe recurrir al agregado de los mismos (Rubio y col., 2012; Agnusdei y col., 2010). Sin embargo, en los planteos ganaderos de Argentina, la aplicación de fertilizantes es escasa y está menos difundida que en las actividades agrícolas, por lo que frecuentemente las deficiencias nutricionales restringen la capacidad productiva de cada ambiente (Marino y Berardo, 2014) y si bien la fertilización en pasturas es una tecnología conceptualmente reconocida, su correcta aplicación ha sido casi irrelevante en la región (Agnusdei, 2012).

Por otro lado cultivos forrajeros mal nutridos no sólo producen menos que los fertilizados, sino también aportan menos carbono, generan menor calidad nutritiva e inician procesos de degradación de los suelos (Sheaffer y col., 2006; Marino y Berardo, 2014).

Para obtener los máximos beneficios de la práctica de la fertilización es imprescindible considerar las particularidades de cada sistema productivo, entre las que se encuentran las especies forrajeras utilizadas. Las respuestas al agregado de nutrientes suelen ser mayores en los verdeos de invierno que en los de verano, ya que su ciclo se desarrolla en un período de menores temperaturas, cuando la disponibilidad de los nutrientes es mínima por una menor mineralización de la materia orgánica (Echeverría y Bergonzi, 1995).

Para verdeos invernales como raigrás y avena se han reportado incrementos en la producción de forrajes con la aplicación de P y N (Scheneiter, 2013; Borrajo y col., 2006; Marino y Castaño, 2013; - Fernández Grecco y Agnusdei, 2005) o de N con P no limitante (García y col., 2002), con eficiencias de uso del N entre 7 y 42 kg de materia seca (MS) por kilogramo de N agregado, en este rango se ubicaron ambas especies.

En la costa oeste de Entre Ríos la información sobre producción e impacto de la fertilización con N y P en raigrás y avena es escasa en sistemas reales de producción, a pesar de ser los principales verdeos de invierno utilizados.

El objetivo de este trabajo fue cuantificar para Entre Ríos el impacto de la fertilización con N y P en los verdeos de raigrás y avena a partir de una serie de ensayos realizados en diferentes campañas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Avena

Durante cinco campañas se instalaron nueve ensayos de fertilización nitrogenada y seis de fertilización fosfatada en lotes comerciales del departamento Diamante (Entre Ríos). Los ensayos tuvieron un diseño en bloques completos al azar con tres repeticiones. Cada unidad experimental fue de 2 metros de ancho por 5 de largo.

Al momento de la siembra se extrajeron muestras de suelos (0-20 cm). La fertilización fosfatada se realizó al voleo con SFT a la siembra, en estos ensayos se agregó N a razón de 69 kg ha⁻¹. En los ensayos de N, la fertilización nitrogenada se realizó al voleo con urea cuando el cultivo estaba en el estado de 2-4 hojas. El N disponible (ND) se calculó como la suma de los kilogramos del N de los nitratos del suelo (0-20 cm) más el N del fertilizante. Los suelos donde se emplazaron los experimentos corresponden a Argiudoles vérticos. La producción de materia seca (MS) por hectárea se estimó a partir del corte de cuarto metro cuadrado de cada parcela, secado en estufa a 65°C durante 48 horas y pesaje. Los cortes se realizaban al momento del aprovechamiento por parte del productor. Más datos de los ensayos se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1: Características de los ensayos de avena.

Ensayo	Campaña	Dosis de N agregado (kg ha ⁻¹)	Dosis de P agregado (kg ha ⁻¹) ¹	Fecha siembra
1	2011	0 – 46 – 92	20	09-may
2	2013	0 – 46 – 92	20	25-abr
3	2014	0 – 18 – 64 – 92 – 110	0 – 20	18-mar
4	2014	0 – 46 – 92	0 – 20	18-abr
5	2014	0 – 35 – 69 – 110	20	05-jul
6	2015	0 – 46 – 92 – 110	0 – 20	21-abr
7	2017	0 – 46 – 92 – 110	0 – 20	19-mar
8	2017	0 – 46 – 92 – 110	0 – 20	23-jun
9	2017	0 – 46 – 92 – 110	0 – 20	23-jun

1. Los ensayos donde figuran dos dosis de P corresponden a los sitios donde se realizaron los ensayos de P.

Raigrás

Durante tres campañas se instalaron tres ensayos de fertilización nitrogenada y dos de fertilización fosfatada en lotes comerciales del departamento Diamante (Entre Ríos). El diseño de los ensayos y tamaño de los mismos, los análisis de suelos, las fertilizaciones de N y P (fuentes y momentos), cálculo del ND, tipos de suelos y estimación de la producción de MS fue similar al de los ensayos de avena. Más datos de los ensayos de raigrás se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2: Características de los ensayos de raigrás.

Ensayo	Campaña	Dosis de N agregado (kg ha ⁻¹)	Dosis de P agregado (kg ha ⁻¹) ¹	Fecha siembra
1	2015	0 – 46 – 98 – 144	20	21-abr
2	2016	0 – 18 – 46 – 66 – 98 – 144	0 – 20	30-may
3	2017	0 – 46 – 98 – 144	0 – 20	15-mar

1. Los ensayos donde figuran dos dosis de P corresponden a los sitios donde se realizaron los ensayos de P.

Respuesta de los verdeos al N agregado y EUN

La respuesta del rendimiento de los verdeos se evaluó a partir de la diferencia de cada tratamiento fertilizado frente al testigo y la EUN y del P fue el cociente entre la respuesta y los kilogramos de N o P agregados.

Análisis estadísticos

Para el cálculo de los umbrales de N se usaron dos metodologías:

a) La propuesta por Dyson y Conyers (2013) modificada por Correndo et al. (2017), denominado método del arcoseno-logaritmo (ALCC), que considera variables aleatorias tanto al rendimiento relativo (RR) como al valor del ND. El umbral se calculó para un 95% de RR. El RR se calculó como el cociente porcentual entre el rendimiento del tratamiento sin fertilizar y el rendimiento máximo medio observado. Para establecer si los modelos obtenidos para avena y raigrás pueden combinarse y representarse como una sola población o dos poblaciones diferentes, se probaron test de F (Mead et al., 1993).

b) También se obtuvieron los coeficientes del modelo de respuesta lineal-plateau para las producciones de MS de avena y raigrás y las EUN de ambos verdeos a través de algoritmos apropiados, logrando su resolución mediante la subrutina Solver del programa Microsoft® Excel 2007.

Para estudiar el efecto del agregado de P se realizaron ANOVA para cada verdeo donde las fuentes de variación fueron las dosis y los ensayos. El nivel de significancia fue del 5%, utilizando el Test de Tukey para las comparaciones de medias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Respuesta al agregado de N.

Los cortes efectuados en los ensayos de avena fueron en promedio 1,4; con máximos de 3 y mínimos de 1. Esto se debió a que en fechas tardías de siembra las avenas sólo se pudieron aprovechar una vez.

En la Tabla 3 se resumen los datos de variables de suelo, clima y producción para la avena.

Tabla 3: Datos de suelos, clima y rendimiento de MS de los ensayos de avena

Ensayo	Testigo Kg MS ha ⁻¹	Fertilizado Kg MS ha ⁻¹	N agregado (promedio) kg ha ⁻¹	Efecto N valor P	EUN (promedio) Kg MS kg N ⁻¹	Nitratos ppm	P Bray I ppm	Lluvias ¹ Mm
1	825	1083	69	0,04	3,7	51,0	14,3	411
2	838	1226	69	0,21	5,6	41,4	20,0	270
3	1424	2528	89	<0,01	12,5	11,6	7,0	427
4	3258	3874	87	0,25	7,1	64,2	20,5	427
5	1879	2794	81	0,01	11,3	66,3	20,1	427
6	2170	3945	92	0,02	19,3	54,3	8,8	260
7	1684	2815	92	<0,01	12,3	33,8	22,3	421
8	2242	3443	92	<0,01	13,1	73,5	8,1	421
9	1966	3959	92	<0,01	21,7	73,5	8,1	421

1. Lluvias acumuladas durante los meses de febrero - marzo - abril.

Los cortes efectuados en el raigrás fueron en promedio 2,3; con máximos de 3 y mínimos de 2. En el ensayo que tuvo un tercer aprovechamiento, el valor de MS por hectárea fue muy bajo, en promedio alrededor de 800 kg ha⁻¹.

En la Tabla 4 se resumen los datos de variables de suelo, clima y producción para el raigrás.

Tabla 4: Datos de suelos, clima y rendimiento de MS de los ensayos de raigrás

Ensayo	Testigo	Fertilizado	N agregado (promedio)	Efecto N	EUN (promedio)	Nitratos	P Bray I	Lluvias ¹
	Kg MS ha ⁻¹		kg ha ⁻¹	valor P	Kg MS kg N ⁻¹	Ppm	ppm	Mm
1	2126	3669	92	<0,01	16,8	78,9	78,0	260
2	2316	4774	66	<0,01	37,2	81,4	16,8	725
3	1532	2864	92	<0,01	14,5	17,7	23,2	427

1. Lluvias acumuladas durante los meses de febrero - marzo - abril.

En las Figuras 1 y 2 se informan los rendimientos en kg de MS por hectárea obtenidos para las dosis frecuentemente utilizadas en los ensayos para cada uno de los verdeos. Ambos verdeos respondieron al agregado de N ($p < 0,05$).

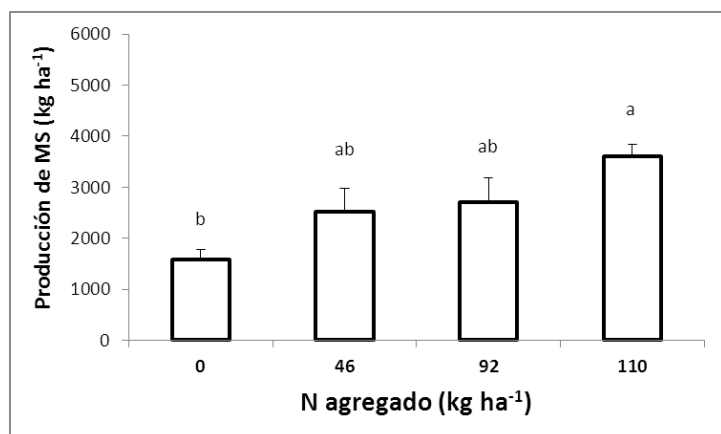


Figura 1: Producción de avena en MS por hectárea según dosis de N agregada. Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$).

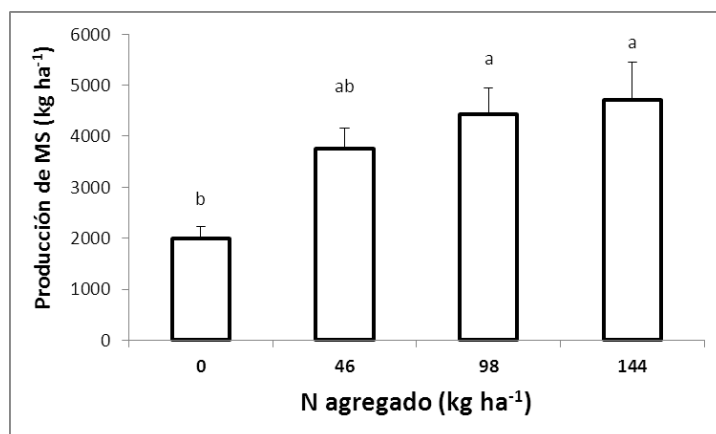


Figura 2: Producción de raigrás en MS por hectárea según dosis de N agregada. Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$).

Utilizando todos los datos, en las Figuras 3 y 4 se comparan las necesidades de ND de ambos verdeos.

Con la metodología que utiliza el RR, el ND para alcanzar el 95% del RR fue de 83 kg ha⁻¹ para la avena y de 124 kg ha⁻¹ para el raigrás, siendo estadísticamente diferentes los modelos de fertilización para ambos verdeos ($p = 0,02$).

Los modelos lineal-plateau obtenidos con rendimientos absolutos de producción total de MS para cada verdeo y ND, también fueron estadísticamente diferentes ($p < 0,01$) entre sí. Con esta metodología se definió un umbral de ND para la avena de 92 kg ha⁻¹ para un rendimiento de 3035 kg de MS ha⁻¹ ($R^2 = 0,67$ y $p = 0,06$) y para raigrás de 104 kg ha⁻¹ para un rendimiento de 4612 kg de MS ha⁻¹ ($R^2 = 0,83$ y $p = 0,07$). En estos modelos la EUN disponible (pendientes obtenidas) fueron de 19 y 36 kg MS por kg ND para avena y raigrás, respectivamente.

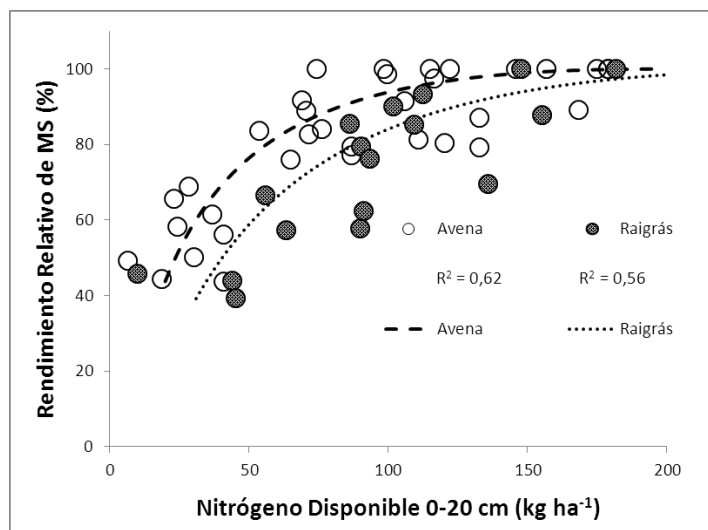


Figura 3: Relación entre el rendimiento relativo de MS y el nitrógeno disponible a la siembra para avena y raigrás.

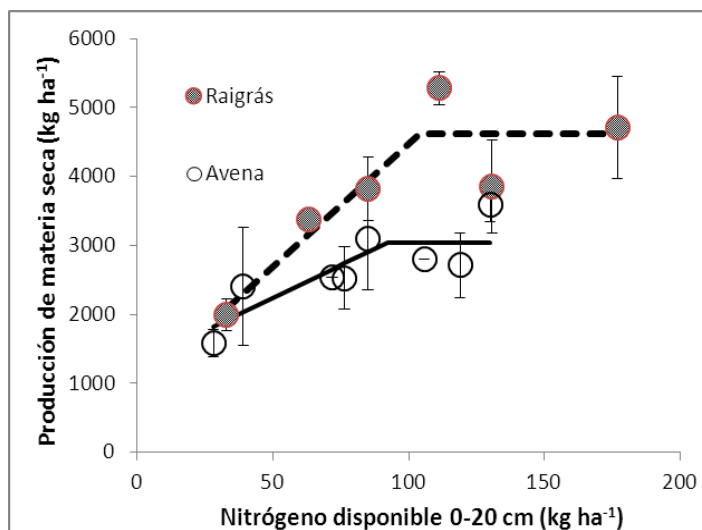


Figura 4: Relación entre el rendimiento de MS y el nitrógeno disponible a la siembra para avena y raigrás.

Respuesta al agregado de P.

En la Figura 5 se resumen las respuestas al agregado de P tanto en avena como en raigrás. Los verdeos tuvieron respuesta significativa al agregado de este nutriente, a pesar de los valores de P Bray medios a altos medidos en los suelos donde se hicieron los ensayos.

En avena los ensayos tuvieron un nivel de P Bray promedio de 13 ppm y en raigrás fue de 22,8 ppm. La EUP fue en promedio de 19 kg MS de avena por kg de P agregado y de 32 kg MS de raigrás por kg de P agregado, pero sin diferencias significativas entre sí.

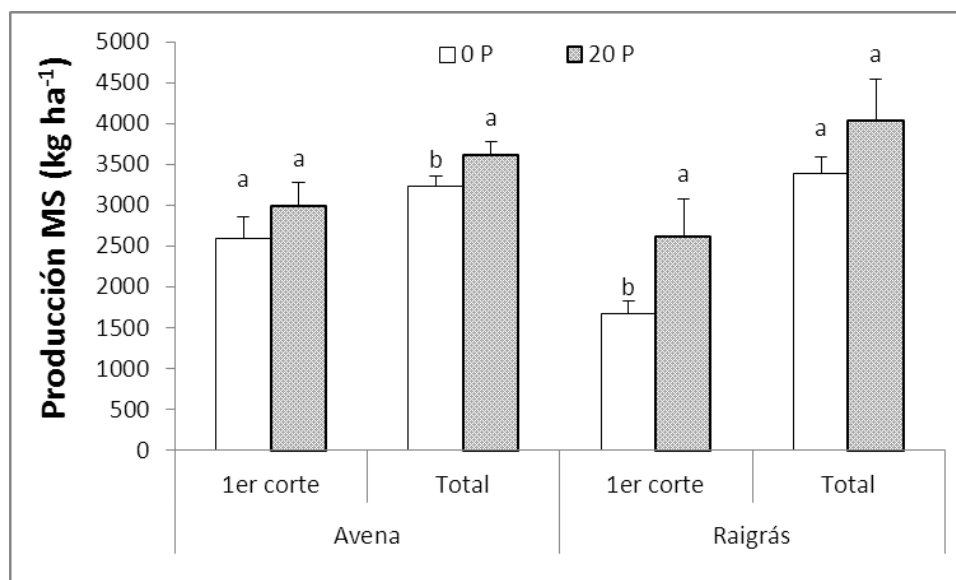


Figura 5: producción obtenida de verdeos según el agregado de fósforo. Letras distintas en cada categoría indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$).

La respuesta significativa al agregado de P al primer corte en el raigrás puede deberse a la cantidad de días transcurridos entre la fertilización con P y el primer aprovechamiento, que fue de 92 días en promedio; en cambio en la avena fue menor (73 días), donde la respuesta significativa se observó al comparar los datos de producción total.

CONCLUSIONES



En condiciones similares de crecimiento la avena y el raigrás tuvieron diferentes rendimientos cuando se fertilizaron con P y N. Si bien los tratamientos testigos (sin N) tuvieron similares rendimientos para ambos verdeos, al fertilizarlos el raigrás produjo alrededor de un 30% más de materia seca que el cultivo de avena.

Para alcanzar elevados potenciales productivos el raigrás necesitó mayor cantidad de nitrógeno disponible que la avena. Con los modelos utilizados, la avena precisó entre 83 y 92 kg de ND ha⁻¹ para alcanzar los máximos rendimientos y en cambio el raigrás entre 104 y 124 kg de ND ha⁻¹. Las eficiencias de uso del nitrógeno fueron mayores en el raigrás.

Las eficiencias agronómicas de uso del fósforo también fueron mayores en el raigrás, a pesar de que los ensayos se realizaron sobre suelos con P Bray más altos que aquellos en los que se realizaron los ensayos de avena.

AGRADECIMIENTOS

Por su generosa colaboración a los productores Ricardo Farall, Luis Schanzenbach, Juan Pagani, Edgardo Mayer, Raúl Blasón y Flia Barolli; al técnico César Reatto..

BIBLIOGRAFÍA

- Agnusdei, M. 2012. Rol de la ecofisiología en el diseño de manejos especializados de pasturas. En Pasturas 2012: hacia una ganadería competitiva y sustentable. Jornada técnica. Síntesis de material de conferencias. Mar del Plata 23 de marzo 2012. Páginas 13-28.
- Agnusdei M., S. Assuero, F. Lattanzi y M. Marino. 2010. Critical N concentration can vary with growth conditions in forage grasses: implications for plant N status assessment and N deficiency diagnosis. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* (2010) 88:215–230. DOI 10.1007/s10705-010-9348-6
- Borrajo C, Altuve S, Barbera P y Ramírez M. 2006. Efecto de la fertilización fosforada y nitrogenada sobre la producción de forraje de *Lolium multiflorum* en Corrientes. *Revista Argentina de Producción Animal* 26(1):135-6.
- Correndo, A.A., F. Salvagiotti, y F.O. García, y F.H. Gutiérrez-Boem. 2017. A modification of the arcsine-log calibration curve for analyzing soil test value–relative yield relationships. *Crop & Pasture Science* 68 (3): 297-304, doi: 10.1071/CP16444.
- Dyson, C.B., y M.K. Conyers. 2013. Methodology for online biometric analysis of soil test-crop response datasets. *Crop & Pasture Science* 64, 435-441.
- Echeverría H. y Bergonzi R. 1995. Estimación de la mineralización de nitrógeno en suelos del sudeste bonaerense. *Boletín Técnico* N° 135. EEA INTA Balcarce, Buenos Aires. 15 p.
- Fernández Grecco, R. C y M. G. Agnusdei. 2005. Raigrás anual, siembra y fertilización nitrogenada. *Producir* XXI, Bs. As., 13 (160):36-40.
- García, F., F. Micucci, G. Rubio, M. Ruffo e I. Daverede. 2002. Fertilización de forrajes en la región pampeana. Una revisión de los avances en el manejo de la fertilización de pasturas, pastizales y verdeos. Instituto de la Potasa y el Fósforo - INPOFOS Cono Sur. Potash and Phosphate Institute (PPI). Potash and Phosphate Institute of Canada (PPIC). Marzo 2002. Pp. 72.
- Marino, M. y Á. Berardo. 2015. Pasturas y pastizales. Pp. 555-583. En: H. Echeverría y F. García (eds.). *Fertilidad de suelos y fertilización de cultivos*. Editorial INTA, Buenos Aires, Argentina.
- Marino M. y J. Castaño. 2013. Producción forrajera con aplicación otoñal de fertilizantes nitrogenados en avena y agropiro. *Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica*. IAH 12-Diciembre 2013. Pág. 15-18.
- Mead, R., R.N. Curnow, y A.M. Hasted. 1993. *Statistical methods in agriculture and experimental biology*. Chapman and Hall, London, 415p.
- Rubio G., F. Micucci y F. García. 2013. Capítulo 14: Ciclado de nutrientes y fertilización de pasturas. En *Fertilización de cultivos y pasturas. Diagnóstico y recomendación en la Región Pampeana*. Ed. R. Álvarez, P. Prystupa, M. Rodríguez y C. Álvarez. Ed. FA-UBA. 652 páginas. ISBN 978-987-27793-7-5.
- Sheaffer, C.C., J.L. Halgerson, y H.G. Jung. 2006. Hybrid and N Fertilization Affect Corn Silage Yield and Quality. *Journal of agronomy and crop science*. Volume 192, Issue 4. August 2006. Pages 278–283.
- Scheneiter, J. O. 2013. El raigrás anual en las regiones Pampeana y sur de la Mesopotamia. https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-el_raigs_anual_en_las_regiones_pampeana_y_sur_de.pdf. Fecha de consulta: marzo 2018.